

MICRO E MINI EOLICO

Fabrizio Santelli*

L'impiego di macchine micro e mini eoliche è estremamente vario: dai sistemi autonomi ad isola (stand alone) per alimentare rifugi, barche, pompe per pozzi ai sistemi per la microgenerazione collegati alla rete elettrica (grid connected) per utenze abitative e aziende agricole.

La grande potenzialità del micro e mini eolico in Italia deriva dalla disponibilità diffusa della risorsa vento in termini sia geografici sia stagionali. I luoghi in cui sono installabili mini e micro impianti eolici sono svariati ed in numero maggiore rispetto ai siti adatti per applicazioni di taglia medio-grande (le wind farm) che tra l'altro risultano di notevole impatto ambientale.

Fisica di un impianto eolico

Le turbine eoliche utilizzano l'energia cinetica posseduta da un flusso d'aria di densità ρ che attraversa il rotore (costituito da pale e mozzo) dell'aerogeneratore riducendo la sua velocità dal valore v indisturbato di fronte al rotore, ad un valore inferiore dopo il passaggio attraverso le pale. La potenza estraibile da una turbina eolica è descritta dalla seguente equazione:

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p \mu A v^3$$

P = potenza espressa in W

ρ = densità della massa d'aria espressa in kg/m^3

C_p = coefficiente di potenza massimo di una turbina ideale ad asse orizzontale, pari a $16/27 = 0,593$

μ = efficienza meccanica ed elettrica della turbina

A = area circolare spazzata dalle pale del rotore ed attraversata dalla massa d'aria espressa in m^2

v = velocità della massa d'aria indisturbata, prima del passaggio attraverso le pale, espressa in m/s

La potenza estraibile, per mezzo di una turbina, quindi cresce all'aumentare dell'area spazzata dalle pale (quindi all'aumentare della loro lunghezza) e della velocità del vento; dipende inoltre dalla densità dell'aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del sito (temperatura, umidità).

L'intensità del vento è fondamentale nella determinazione della potenza e dipende dalle caratteristiche orografiche del terreno. In particolare un elemento fondamentale è la rugosità

del suolo: in pianura o al mare il vento spira con intensità maggiore che in campagna o nelle periferie



Rotore Savonius

Rotore Darrieus

delle città, a loro volta luoghi più ventilati dei grandi centri cittadini. L'intensità del vento è anche funzione dell'altezza dal suolo: più ci si alza maggiore è la velocità del vento. La potenza teorica estraibile dal vento nella realtà è ridotta da due fattori:

Coefficiente C_p - Esprime il fatto che, a livello teorico, non più del 59,3% dell'energia contenuta in una massa d'aria può essere estratta da una turbina eolica.

Rendimento globale μ - Le macchine hanno dei limiti fisici; sono caratterizzate da rendimenti meccanici ed elettrici (variabili in base alle velocità di funzionamento e di valore massimo in corrispondenza della potenza nominale progettata) che tengono conto delle inevitabili perdite aerodinamiche (Figura 1).

Tecnologia e componentistica

Le macchine eoliche vengono progettate sulla base di tre valori di velocità. Le turbine vengono:

- avviate con vento variabile da 2 a 4 m/s (velocità di cut-in);
- dotate di un dispositivo di controllo della potenza quando il vento raggiunge velocità dell'ordine di 10-14 m/s (velocità di taglio o nominale).

- messe fuori servizio quando la velocità del vento raggiunge valori intorno a i 20-25 m/s (velocità di cut-off).

Una turbina eolica è composta come descritto di seguito. Le pale della macchina (comunemente in numero da uno a tre) sono fissate su di un mozzo e, nell'insieme, costituiscono il rotore. Il mozzo, a sua volta, poi collegato ad un primo albero (albero lento) che ruota alla stessa velocità angolare del rotore e, dopo il collegamento ad un moltiplicatore di giri, si diparte un albero veloce che ruota invece con velocità angolare data dal prodotto di quella del primo albero per il moltiplicatore di giri. Sull'albero veloce viene poi posizionato un freno, a valle del quale si trova il generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza. Tutti questi elementi sono ubicati in una cabina detta navicella o

gondola la quale a sua volta viene posizionata su di un supporto-cuscinetto, orientabile in base alla direzione del vento. La navicella è poi completata da un sistema di controllo di potenza e da uno di controllo dell'imbardata. Il primo ha il duplice scopo di regolare la potenza in funzione della velocità del vento istantanea, così da far funzionare la turbina il più possibile vicino alla sua potenza

| Fonte/Tecnologia | Modalità operative di installazione | Potenza (kW) | Procedura prevista |
|------------------|---|--------------|----------------------|
| Eolico | Singoli generatori eolici installati su tetti di edifici esistenti con altezza complessiva non superiore a 1,5 metri e diametro non superiore a un metro. L'impianto non deve ricadere nel campo di applicazione del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (Dlgs 42/04 e smi) | Qualsiasi | Comunicazione |
| | Torri anemometriche per la misurazione temporanea (fino a 36 mesi) de vento realizzate con strutture amovibili, in aree non soggette a vincolo | Qualsiasi | Comunicazione |
| | Impianti al di sotto della soglia ex tab. A Dlgs 387/03 non ricadenti nel primo caso | 0-60 | PAS |
| | Torri anemometriche destinata ad una misurazione del vento oltre 36 mesi | Qualsiasi | PAS |
| | Impianti al di sopra della soglia ex tab. A Dlgs 387/03 | >60 | Autorizzazione unica |

Tabella 2 - Procedure autorizzative per gli impianti eolici in funzione della potenza (fonte: GSE)

nominale e di interrompere il funzionamento della macchina in caso di vento eccessivo. Il secondo invece consiste in un controllo continuo del parallelismo tra l'asse della macchina e la direzione del vento.

L'intera navicella è posizionata su di una torre che può essere a traliccio o tubolare conica, ancorata al terreno tramite un'opportuna fondazione in calcestruzzo armato (Figura 2).

Le turbine eoliche possono essere classificate in base all'asse di rotazione in:

- ad asse orizzontale (Hawt);
- ad asse verticale (Vawt), che a loro volta si dividono in rotori Darrieus e rotori Savonius.

Le caratteristiche operative e prestazionali sono molto differenti in base alla tipologia impiegata. Nel settore micro e mini eolico sono coesistenti le due tecnologie, si osserva

| Voci di spesa | Peso percentuale sul totale (%) |
|---|---------------------------------|
| Aerogeneratore (EXW) | 65 |
| Fondazioni, accessi, protezioni | 15 |
| Trasporti, noleggio gru e muletto | 5 |
| Impianto elettrico, connessione alla rete, collaudi | 10 |
| Ingegneria/studi/analisi/perizie | 5 |

Tabella 1 - Costi medi di un impianto micro e mini eolico [fonte: F. Andreolli (2011)]

tuttavia una diffusione dei sistemi verticali in virtù del minore impatto paesaggistico e per la loro adattabilità a flussi molto turbolenti.

La macchina Darrieus è caratterizzata da grande semplicità di costruzione e da alto rendimento che si attesta intorno a 0,4. Il regime di rotazione è molto elevato. Invece, la coppia di spunto è molto bassa e non permette a questa tipologia di macchine di avviarsi spontaneamente, per questo è necessario un motore ausiliario che porti l'asse ad una velocità minima d'attacco.

La macchina Savonius è anch'essa molto semplice dal punto di vista costruttivo e di funzionamento ed ha il vantaggio di essere molto robusta e di avere una forte coppia di spunto, cosa che ne consente l'avviamento anche con venti debolissimi.

| Potenza | Tariffa incentivante base €/MWh |
|----------|---------------------------------|
| 1<P£20 | 291 |
| 20<P£200 | 268 |

Tabella 3 - Tariffa Onnicomprensiva (TO) in funzione della potenza

Di contro ha applicazioni solo con potenze ridotte poiché lavora bene con venti deboli, mentre il suo rendimento crolla con venti forti ed anzi risulta vulnerabile, poiché le sue dimensioni non consentono di superare certi limiti. Il rendimento globale massimo pari allo 0,2.

Valutazione della producibilità

Chi intende realizzare un impianto eolico deve valutare e verificare la sostenibilità dell'investimento sin dalla sua complessità dell'impianto da realizzare (dagli impianti di pochi

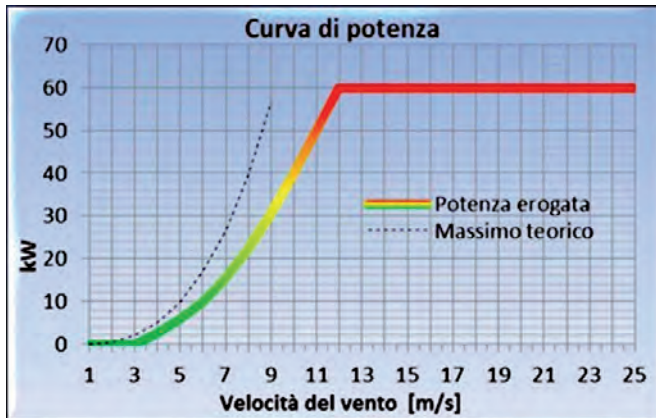


Figura 1 - Curva di potenza [Fonte: www.impiantiolicom.com]

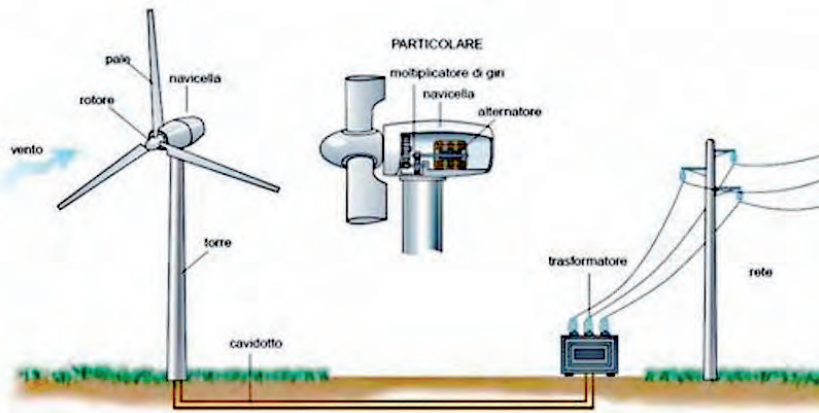


Figura 2 - Schema impianto eolico [Fonte: GSE]

watt sino alle così dette wind farm). L'energia eolica può essere impiegata solo quando è effettivamente disponibile pertanto la producibilità è legata alla disponibilità della risorsa vento espressa in funzione della distribuzione di frequenza e della durata della velocità del vento stesso. Non è sufficiente conoscere la velocità media di un sito per stimare la produzione di energia ma occorre poter ricostruire l'intera distribuzione del vento nel tempo. Il calcolo della producibilità può essere espresso nella funzione integrale:

$$E = T \int P(v) f(v) dv$$

Dove:

E = energia prodotta in un anno;

T = numero ore anno;

P(v) = potenza prodotta in funzione della velocità (deducibile dalla curva fornita dal costruttore);

f(v) = frequenza della velocità del vento nel sito di installazione.

La curva di potenza dovrà essere corretta in funzione della densità dell'aria.

Appare evidente quindi che occorra una corretta caratterizzazione anemometrica del sito. Per le wind farm o comunque per gli impianti mini eolici di taglia superiore ai 20 kW questo si traduce in una campagna anemometrica, resa

necessaria anche per l'accesso ai finanziamenti bancari. Le prescrizioni per una corretta campagna anemometrica sono rese dalla norma italiana CEI 88-5. Per gli impianti più piccoli una campagna anemometrica risulterebbe eccessivamente onerosa e per questo la valutazione si svolge attraverso l'applicazione dell'Atlante Eolico Italiano (realizzato dal Cesi in collaborazione con l'Università di Genova e la società Tecnogaia), un supporto on-line nato appunto per fornire gli strumenti di analisi necessari alla ricerca e all'installazione degli impianti eolici e minieolici. La mappa del vento, affiancata ai dati sulla producibilità specifica, permette un'analisi dettagliata delle caratteristiche eoliche di un territorio, offrendo la possibilità ad installatori, progettisti ed enti locali di ottimizzare le scelte di collocamento dei nuovi impianti eolici. Per ricavare la distribuzione di frequenza si ricorgerà all'analisi di Weibull assegnando un valore al parametro di distribuzione k. Questo in genere assume valori compresi tra 1 e 1,5 per le aree montuose, e urbane caratterizzate da venti molto irregolari, un valore prossimo a 2 per le zone costiere caratterizzate da brezze di frequenza giornaliera e valori superiori a 2,5 per le zone

caratterizzate da venti molto regolari.

Costi

Il costo degli impianti micro e mini eolici dipende dal costo degli aerogeneratori e dalla soluzione di installazione. A oggi dalla valutazione di preventivi e di statistiche di mercato si può considerare un costo medio compreso tra 5.000 e 9.000 €/kW installato per impianti di taglia inferiore a 20 kW. Per impianti mano mano più grandi, anche per effetti di economia di scala il costo tende a stabilizzarsi intorno ai 2.000 €/kW. I costi possono essere suddivisi come indicato nella Tabella 1.

Autorizzazioni

Il quadro normativo di riferimento sono le Linee Guida nazionali per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili approvate con il DM 10 settembre 2010 come modificate dal Decreto Legislativo 28/2011 recepimento della Direttiva europea 2009/28/CE, che hanno ridefinito le procedure autorizzative per gli impianti a fonti rinnovabili in Italia. Gli iter procedurali previsti dalla normativa vigente sono tre:

- Autorizzazione Unica (AU);
- Procedura Abilitativa Semplificata (PAS);
- Comunicazione al Comune.

In Tabella 2 si riporta quanto

indicato per gli impianti eolici. I tempi per l'ottenimento dell'autorizzazione possono variare in base agli iter e soprattutto alla presenza di eventuali vincoli paesaggistici che necessitano il coinvolgimento di enti di tutela (quali Soprintendenze e/o Enti parco). A tal fine in fase di due diligence si ritiene utile verificare la sussistenza di vincoli ostativi attraverso la richiesta di un certificato di destinazione urbanistica al Comune di riferimento.

Meccanismi di incentivazione

Con l'entrata in vigore del DM 6 luglio 2012, sono state stabilite nuove procedure per l'accesso agli incentivi statali per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili diverse da quella solare. Il DM prevede per gli impianti eolici l'accesso ai meccanismi di incentivazione:

- in maniera diretta per gli impianti fino a 60 kW;
- previa iscrizione in appositi registri per impianti sopra i 60 kW. Ai suddetti impianti è concessa la facoltà di optare per tariffe di ritiro dell'energia immessa in rete, differenziate per fonte, riconosciute per un periodo di venti anni. Tali tariffe sono dette 'onnicomprensive' (TO) in quanto il loro valore include sia la componente incentivante sia la componente



Figura 3 - Atlante eolico interattivo [Fonte: RSE]

relativa alla remunerazione derivante dalla vendita dell'energia immessa nella rete elettrica. Sino al termine del periodo di incentivazione. L'incentivo viene calcolato moltiplicando la tariffa spettante per i kWh prodotti ed immessi in rete con esclusione dell'energia consumata diversamente del fotovoltaico quale incentiva anche l'energia consumata (Tabella 3). Terminato il periodo

di incentivazione permane naturalmente la possibilità di valorizzare l'energia elettrica prodotta (vendita dell'energia elettrica immessa in rete, autoconsumo o scambio sul posto). In alternativa è possibile accedere al regime di scambio sul posto come disciplinato dalla delibera AeeG ARG/elt 74/2008 (e smi) "Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo

scambio sul posto (Tisp)". La disciplina si applica per i sistemi eolici ai soggetti richiedenti che abbiano la disponibilità o la titolarità di impianti alimentati da fonti rinnovabili di potenza fino a 200 kW. Lo scambio sul posto consente di valorizzare l'energia immessa in rete secondo un criterio di compensazione economica con il valore dell'energia prelevata dalla rete. Il servizio di scambio sul posto

è regolato su base economica dal GSE in forma di contributo associato alla valorizzazione a prezzi di mercato dell'energia scambiata con la rete. Nel caso in cui il controvalore dell'energia immessa in rete risultasse superiore all'onere energia sostenuto dall'utente dello scambio, il saldo relativo viene registrato a credito dell'utente medesimo che può utilizzarlo per compensare l'onere energia degli anni successivi oppure chiederne la liquidazione economica. In generale, il servizio di scambio sul posto produce un effetto vantaggioso qualora, su base annua, la valorizzazione dell'energia elettrica immessa in rete si compensi totalmente con l'onere energia associato ai quantitativi di energia elettrica prelevata dalla rete.

Webgrafia essenziale
<http://atlanteeolico.rse-web.it/>
www.enelgreenpower.it
www.gse.it - www.rse.it